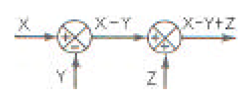
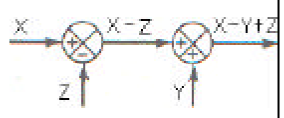
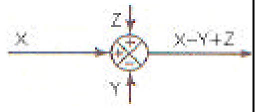
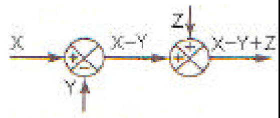
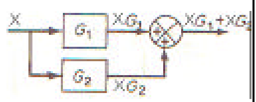
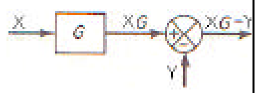
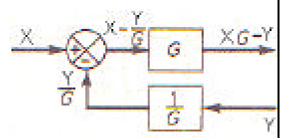
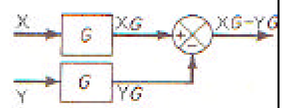
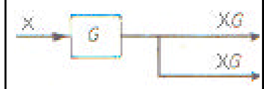
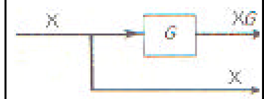
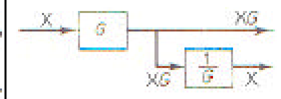
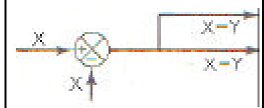
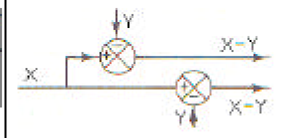
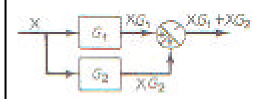
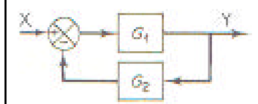
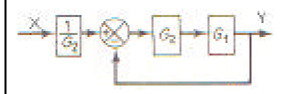
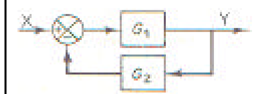
	Descripción	Diagramas de bloques originales	Diagramas de bloques equivalentes
1	CONMUTATIVA PARA LA SUMA		
2	DISTRIBUTIVA PAR LA SUMA		
3	CONMUTATIVA PARA LA MULTIPLICACIÓN		
4	DISTRIBUTIVA PARA LA MULTIPLICACIÓN		
5	BLOQUES EN PARALELO		
6	MOVIMIENTO A LA IZQUIERDA DE UN PUNTO DE SUMA		
7	MOVIMIENTO A LA DERECHA DE UN PUNTO DE SUMA		
8	MOVIMIENTO A LA IZQUIERDA DE UN PUNTO DE BIFURCACIÓN		
9	MOVIMIENTO A LA DERECHA DE UN PUNTO DE BIFURCACIÓN		
10	MOVIMIENTO A LA IZQUIERDA DE UN PUNTO DE BIFURCACIÓN SOBRE UN PUNTO DE SUMA		
11	COMPENSACIÓN DE FUNCIONES DE TRANSFERENCIA		
12	COMPENSACIÓN DE FUNCIONES DE TRANSFERENCIA		
13	LAZO CERRADO A LAZO ABIERTO		

Procedimiento para trazar diagrama de bloques.

Un diagrama a bloques es una representación matemática gráfica del modelo matemático de un sistema. En muchos casos, estos diagramas nos permiten entender el comportamiento y conexión del sistema y a su vez, esta descripción puede ser programada en simuladores que tienen un ambiente gráfico como lo es el simulink de Matlab.

Con el objeto de trazar un diagrama de bloques de un sistema se sugiere seguir los siguientes pasos:

1. Es necesario conocer las ecuaciones diferenciales que describen el comportamiento dinámico del sistema a analizar y la salida y entrada consideradas.

2. Se obtiene la transformada de Laplace de estas ecuaciones, en este caso como el diagrama a bloques son representaciones de funciones de transferencia, *las condiciones iniciales se consideran cero.*

3. De las ecuaciones transformadas se despeja aquella donde esté involucrada la salida del sistema.

4. De la ecuación obtenida se ubican las variables que están como entrada y que deben de ser salidas de otros bloques. Se despejan esas variables de otras ecuaciones. Recuerda nunca utilizar una ecuación que ya se utilizó previamente.

5. Regresar al paso 4 hasta que la entrada sea considerada y todas las variables del sistema sean consideradas.

6. Después de obtener las ecuaciones se generan los diagramas a bloques de cada una. Debido al procedimiento utilizado los bloques quedan prácticamente para ser conectados a partir del bloque de salida.

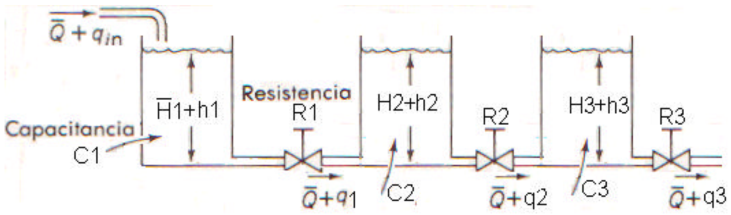
Simplificación de un diagrama a Bloques

Teniendo el diagrama a bloques en algunos casos es necesario simplificarlo hasta una sola función de transferencia. Para esto existen varios procedimientos, uno de ellos es utilizando las propiedades del álgebra de bloques y otro, utilizando gráficos de flujo de señal que se verá mas adelante.

Una regla general para simplificar un diagrama de bloques consiste en mover los puntos de bifurcación y los puntos suma, intercambiar los puntos suma y después reducir las mallas internas de realimentación. Es importante que no se altere las señales involucradas en el movimiento compensando con las funciones necesarias.

Ejemplo: Para el siguiente sistema hidráulico obtenga la función de transferencia utilizando diagrama a bloques (considere q_{in} entrada y q_3 salida).

Suponga que: C_1 , C_2 , C_3 , R_1 , R_2 , R_3 =2



Para el tanque 1.

$$C_1 \frac{dh_1}{dt} = q_{in} - q_1 \quad ; \quad R_1 = \frac{h_1 - h_2}{q_1} \quad \Rightarrow \quad q_1 = \frac{h_1 - h_2}{R_1}$$

Para el tanque 2.

$$C_2 \frac{dh_2}{dt} = q_1 - q_2 \quad ; \quad R_2 = \frac{h_2 - h_3}{q_2} \quad \Rightarrow \quad q_2 = \frac{h_2 - h_3}{R_2}$$

Para el tanque 3.

$$C_3 \frac{dh_3}{dt} = q_2 - q_3 \quad ; \quad R_3 = \frac{h_3}{q_3} \quad \Rightarrow \quad q_3 = \frac{h_3}{R_3}$$

Transformando para 1.

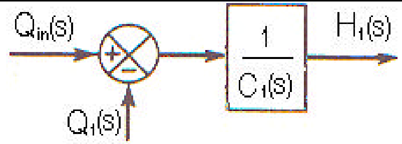
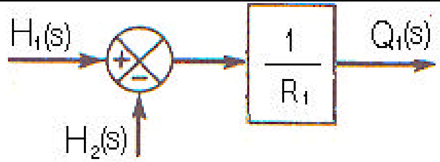
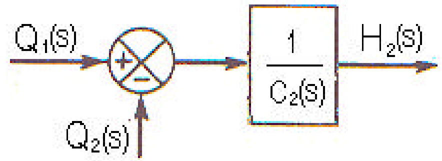
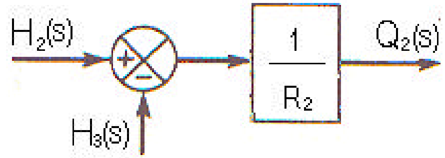
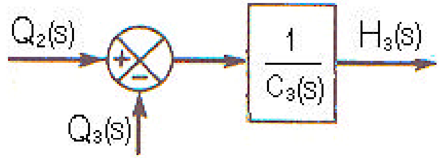
$$H_1(s) = \frac{1}{C_1(s)}\left(Q_{in}(s) - Q_1(s)\right) \quad ; \quad Q_1(s) = \frac{1}{R_1}\left(H_1(s) - H_2(s)\right)$$

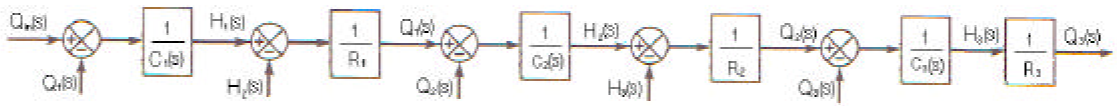
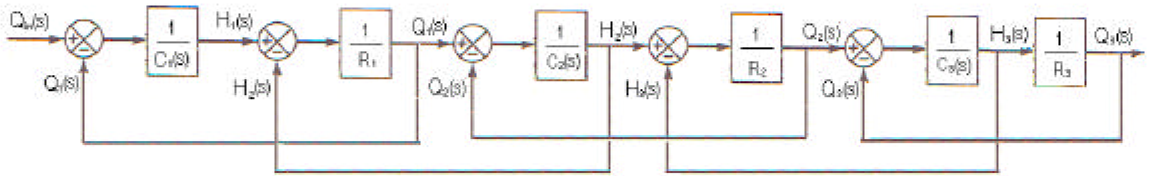
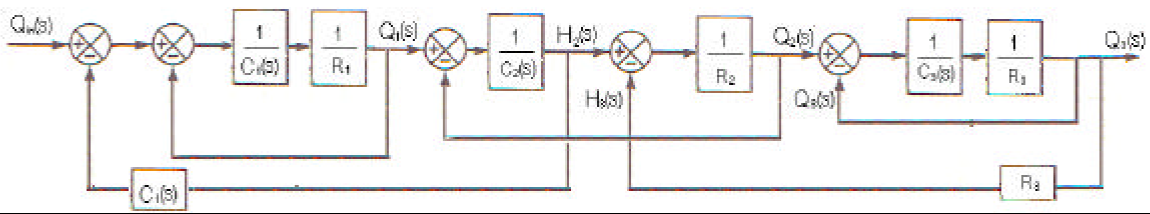
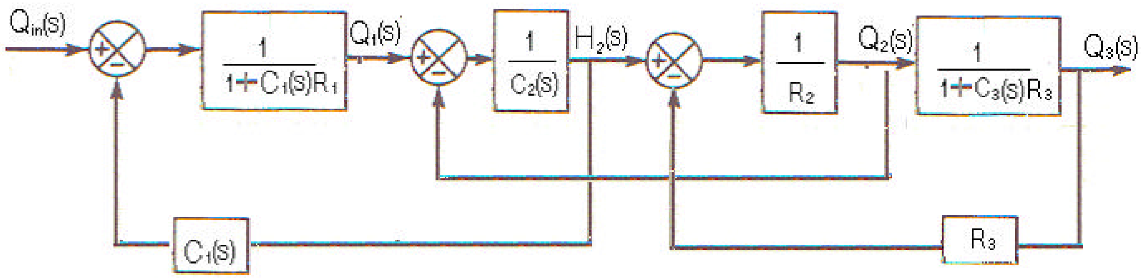
Transformando para 2.

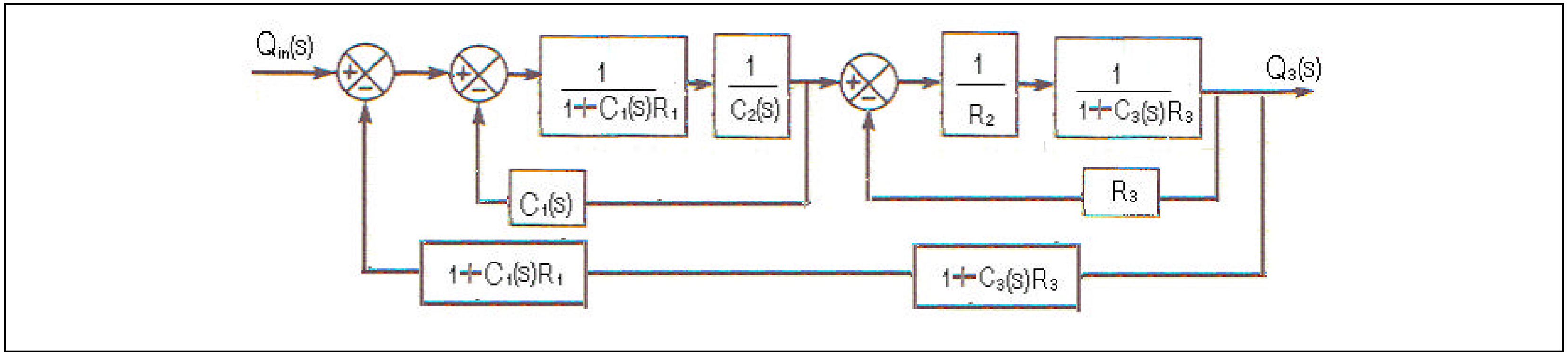
$$H_2(s) = \frac{1}{C_2(s)}\left(Q_1(s) - Q_2(s)\right) \quad ; \quad Q_2(s) = \frac{1}{R_2}\left(H_2(s) - H_3(s)\right)$$

Transformando para 3.

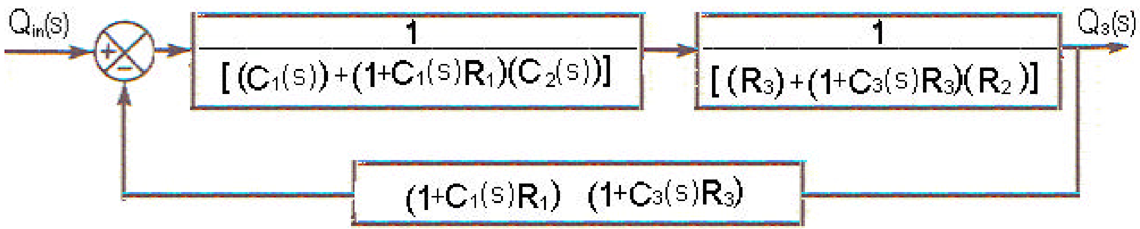
$$H_3(s) = \frac{1}{C_3(s)}\left(Q_2(s) - Q_3(s)\right) \quad ; \quad Q_3(s) = \frac{1}{R_3}\left(H_3(s)\right)$$

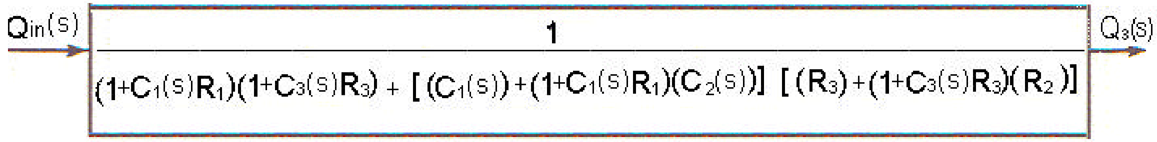
	Ecuación	Diagrama de bloques.
1	$H_1(s) = \frac{1}{C_1(s)}\left(Q_{in}(s) - Q_1(s)\right)$	
1	$Q_1(s) = \frac{1}{R_1}\left(H_1(s) - H_2(s)\right)$	
2	$H_2(s) = \frac{1}{C_2(s)}\left(Q_1(s) - Q_2(s)\right)$	
2	$Q_2(s) = \frac{1}{R_2}\left(H_2(s) - H_3(s)\right)$	
3	$H_3(s) = \frac{1}{C_3(s)}\left(Q_2(s) - Q_3(s)\right)$	
3	$Q_3(s) = \frac{1}{R_3}\left(H_3(s)\right)$	

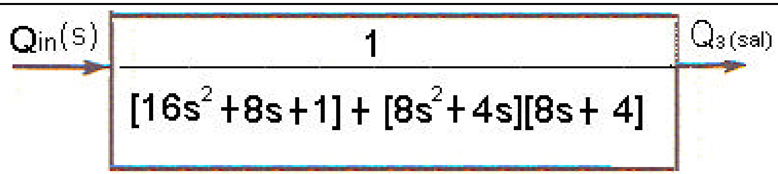
Arreglo



Qin(S) 1 1+C1(S)R1 Q1(S) 1 C2(S) H2(S) 1 R2 Q2(S) 1 1+C3(S)R3 Q3(S) C1(S) R3



Arreglo







Por lo tanto la función de transferencia es:

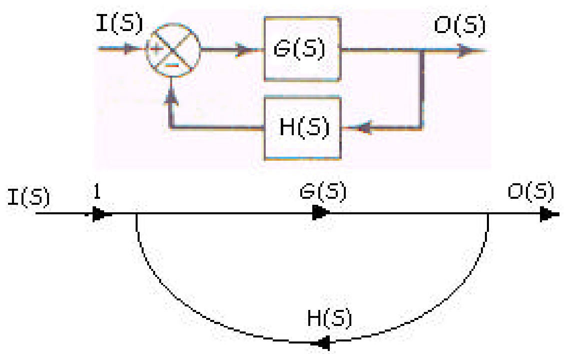
$$\frac{1}{\left[16s^2+8s^2+1\right]+\left[8s^2+4s\right]\left[8s+4\right]}$$

GRAFICOS DE FLUJO DE SEÑAL.

S.J. MASON.

Es un diagrama que representa un conjunto de ecuaciones algebraicas lineales simultaneas, donde cada:

- Nodo ; Variables del sistema.
- Rama ; multiplicador ecuación de transformada y transmitancia.
- Dirección ; Sentido del flujo.



Fórmula de ganancia de Mason:

$$P = \frac{1}{\Delta}\sum_{K} P_K \Delta_K$$

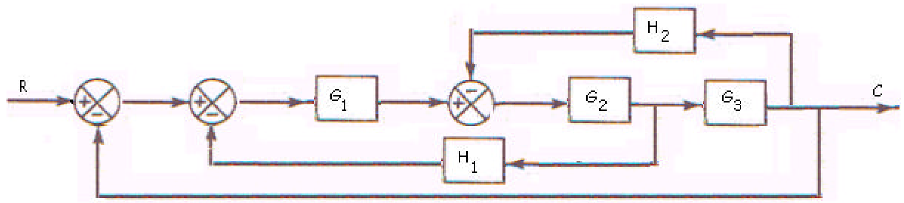
donde: P_K : ganancia o transmitancia de trayectoria de la k-ésima trayectoria directa.

Δ : determinante del grafico:

$$1 - \sum_{a} La + \sum_{b,c} LbLc - \sum_{d,e,f,} LdLeLf + ...$$

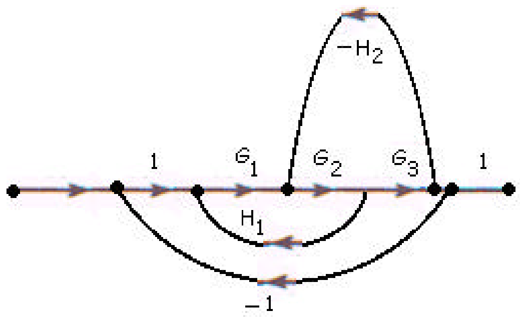
Δ_K : Cofactor del determinante de la k-ésima trayectoria directa del grafico, con los lazos que tocan la trayectoria directa k-ésima eliminados.

Ejemplo1.



Solución :

Gráfico de flujo de señal:



Trayectorias directas: $P_1 = G_1 G_2 G_3$

$$\text{Lazos:}\begin{cases} L_1 = G_1 G_2 H_1 \\ L_2 = -G_2 G_3 H_2 \\ L_3 = -G_1 G_2 G_3 \end{cases}$$

$\Delta = 1 - (L_1 + L_2 + L_3)$ $\qquad\qquad$ $\Delta_1 = 1$

$$P = \frac{P_1 \Delta}{\Delta}$$

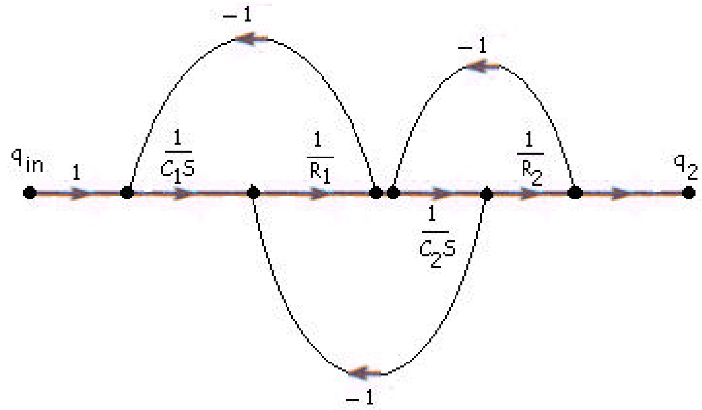
$$P = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 - G_1 G_2 H_1 + G_2 G_3 H_2 + G_1 G_2 G_3}$$

Ejemplo Hidráulico.

Entrada: q_{in}

Salida: q_2

Grafico de Señal:



Solución:

$$P_1 = \frac{1}{C_1(s) R_1 C_2(s) R_2} \quad \textit{Trayectori a Directa}.$$

$$\textit{Lazos}: \quad L_1 = \frac{-1}{R_1 C_1(s)} \;;\; L_2 = \frac{-1}{R_1 C_2(s)} \;;\; L_3 = \frac{-1}{R_2 C_2(s)} \;. \quad L_1 \; y \; L_3 \; \textit{Adjuntos.}$$

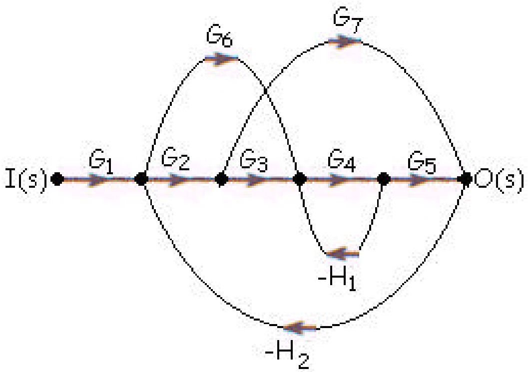
$$\Delta_1 = 1\ ; \qquad \Delta = 1 - (L_1 + L_2 + L_3) + L_1 L_3$$

$$P = \frac{P_1 \Delta_1}{\Delta} = \frac{\dfrac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2 (s^2)}}{1 + \dfrac{1}{R_1 C_1 (s)} + \dfrac{1}{R_1 C_2 (s)} + \dfrac{1}{R_2 C_2 (s)} + \dfrac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2 (s^2)}}$$

$$P = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2 (s^2) + \left(R_2 C_2 + R_2 C_1 + R_1 C_1\right)(s) + 1}\ .$$

Ejemplo 3.

Grafico de flujo de señal.



$$P_1 = G_1 G_2 G_3 G_4 G_5 \qquad P_2 = G_1 G_6 G_4 G_5 \qquad P_3 = G_1 G_2 G_7$$

$$L_1 = -G_4 H_1 \qquad L_2 = G_2 G_7 H_2 \qquad L_3 = -G_6 G_4 G_5 H_2$$

$$\Delta = 1 - \left(L_1 + L_2 + L_3\right) + L_1 L_2 \ ;$$
$$\Delta_1 = 1; \qquad \Delta_2 = 1; \qquad \Delta_3 = 1 - L_1$$

$$P = \frac{G_1 G_2 G_3 G_4 G_5 + G_1 G_6 G_4 G_5 + G_1 G_2 G_7 (1 + G_4 H_1)}{1 + G_4 H_1 + G_2 G_7 H_2 + G_6 G_4 G_5 H_2 + G_2 G_4 G_7 H_1 H_2}\ .$$